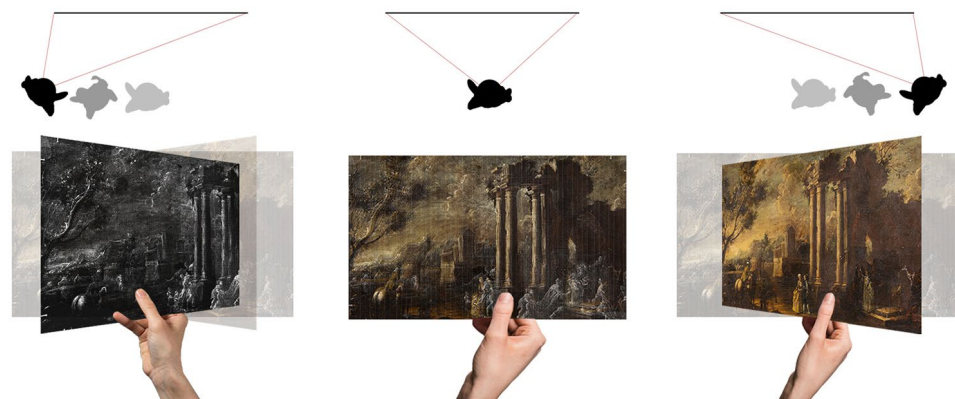
Oltre il visibile: dispositivi lenticolari per i beni culturali tra fotografia e diagnostica

Emanuela Lanzara

Abstract

L'era della digitalizzazione sta trasformando le modalità di comunicazione e valorizzazione finalizzate a promuovere la fruizione partecipata e consapevole del patrimonio culturale, capitalizzando ciò che le nuove tecnologie offrono [d'Agostino et al. 2022, p.211; Lecci et al. 2022, p.1628]. Obiettivo principale di questo contributo è proporre l'utilizzo della stampa lenticolare, quale tecnologia low cost basata sull'utilizzo di materiali riciclabili e sostenibili per la valorizzazione di opere d'arte. I principi base di tale tecnologia sono stati parametrizzati e testati al fine di interlacciare fotografie e immagini ai Raggi X, attraversando l'opera per rivelare pentimenti, ridipinture, opere altre non visibili dall'osservatore in condizioni di luce naturale. I prodotti diagnostici, propedeutici per le attività di conservazione e restauro, non accessibili al pubblico non specialistico, diventano essi stessi opera d'arte [Gilardoni 1977]. I principi matematico-geometrici alla base della tecnologia lenticolare regolano la transizione tra un numero finito di immagini al variare del punto di vista dell'osservatore, integrando il messaggio dell'opera senza impiego di strumentazione high cost, mediante produzione di dispositivi analogici. Il campo delle Marketing Solutions, talvolta avvalentesi di opere d'arte note come veicolo pubblicitario, supporta la sperimentazione in tale ambito, promuovendo lo sviluppo di prodotti fruibili in digitale mediante supporti lenticolari tecnologicamente avanzati, applicazioni XR e NFT.

Parole chiave
VPL, beni culturali, Raggi X, stampa lenticolare, Flip

Simulazione dell'effetto lenticolare definito mediante interlacciamento tra fotografia dell'opera d'arte e immagine ai Raggi X.

doi.org/10.3280/oa-1016-c442

Introduzione

La stampa lenticolare restituisce l'illusione di profondità o la trasformazione di un'immagine osservata da punti di vista diversi. Questa tecnologia, nata negli anni '40, si è evoluta grazie all'avanzamento dei software e delle tecniche di stampa. Un foglio lenticolare presenta, su una faccia, una serie di lenti cilindriche o convesse; l'altra faccia supporta un'immagine interlacciata (*immagine master*). La tecnologia lenticolare sfrutta la rifrazione e riflessione della luce nell'attraversare un materiale plastico traslucido: la curvatura delle lenti devia la luce secondo la direzione e angolazione delle diverse posizioni assunte dall'osservatore rivelando, separatamente, le immagini interlacciate, nel rispetto delle tolleranze micrometriche necessarie per ottenere l'effetto di trasformazione ricercato. Un foglio lenticolare, pertanto, è un dispositivo ottico autostereoscopico, analogico, *low cost*, capace di generare nell'osservatore effetti visivi di profondità (3D) e/o commutazione tra immagini diverse (trasformazione/transizione), percepibili ad occhio nudo al variare del punto di vista. Attualmente, le tecnologie digitali impiegate per la fruizione dei beni possono richiedere l'ausilio di mezzi *medium - high cost*, e.g. *smart glasses*, *headset* o altri dispositivi. I dispositivi autostereoscopici rappresentano uno tra gli obiettivi più perseguiti dai gruppi di ricerca: tra le barriere di parallasse e i sistemi lenticolari, questi migliorano il funzionamento alla base del processo [Zeng et al. 2022; Calleja 2021; de la Barré et al 2017, pp.194-199; Algorri et al. 2016, pp. 4-14].
Gli effetti lenticolari si distinguono in: *FLIP*, passaggio rapido tra due immagini differenti; *MORPHING*, trasformazione lenta e graduale tra immagini; *MULTIFRAME*, elevato grado di dettaglio durante la transizione tra le immagini; *ZOOM*, ridimensionamento di dettagli dell'immagine; 3D, effetto stereoscopico naturale, dato dalla sequenza di più immagini.
Il prototipo digitale presentato in questo contributo parametrizza il funzionamento di un dispositivo lenticolare applicato ad un'immagine risultante dall'interlacciamento tra la foto di un'opera e l'immagine ai Raggi X, visualizzabili e confrontabili grazie all'effetto *flip* adottato.

I sistemi lenticolari tra Architettura, Arte, Design e *Building Environment*

Tra le opere lenticolari di artisti e designer noti è possibile citare i progetti di Fabio Ongarato, Peter Marino, Ara Starck, Karim Rashid: di questo, sono note le tre pareti modulari, *Ikons*, venti pannelli (1,2x2,4) m, *Mutalblob Pink* e *Mutalblob Lime*, ventisei pannelli (1,2x1,8) m, progettate per la stazione Università della Metro Napoli. In ambito moda, l'artista Annette Meyer, in occasione della mostra *Icon Dressed*, allestita al Trapholt Museum, ha integrato pannelli (1,20x1,80) m e supporti di piccolo formato (10x15) cm, ritraenti figure di modelle in movimento, la cui transizione simula una sfilata (fig. 1.a). Rafaël Rozendaal, *visual artist* noto per i suoi lavori di trasposizione del *world wide web* su tela, è autore della serie *Lenticular Paintings* (2014), lastre lenticolari cangianti, simulanti la terza dimensione (fig. 1.b). L'artista Fosco Valentini, in *Lenticolare* (2012), una sequenza di tre stampe lenticolari, composte da

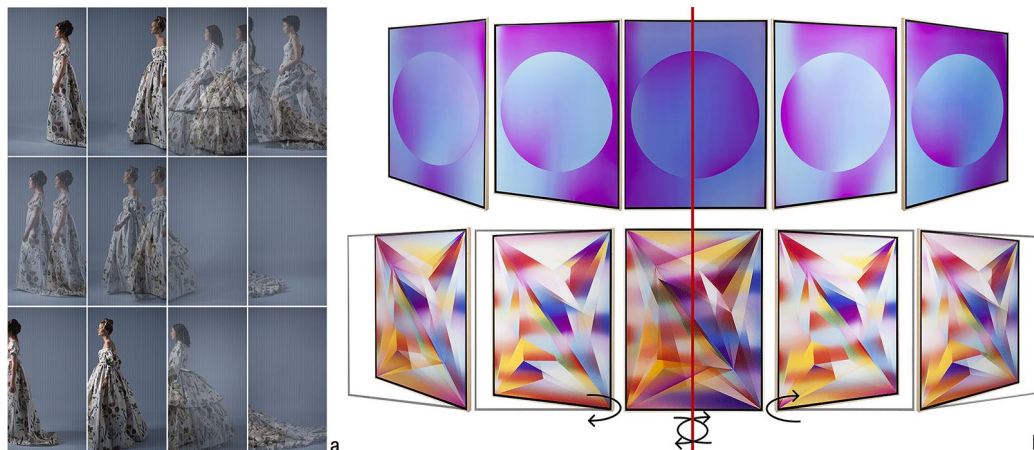
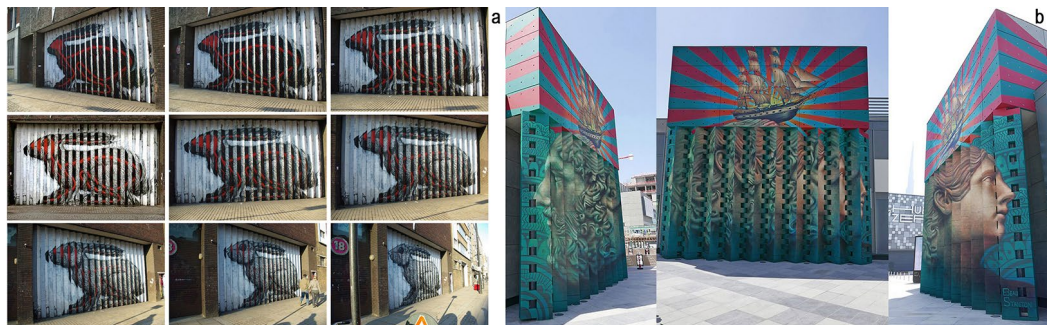



Fig. 1. a) Annette Meyer, *Icon Dressed*. Photo by Shiro Takatani; b) Rafaël Rozendaal, *Lenticular Paintings*, 2014.

Fig. 2. a) ROA, *Street artwork* realizzata sulla Curtain Road, Londra 2009; b) Beau Stanton, *Lenticular*, Dubai 2016.

venti *frame*, ritraenti un cono, un cilindro e una sfera cangianti, "trasporta l'osservatore dalla geometria Euclidea alla comprensione geometrica dell'universo nei fenomeni entropici e sintropici di onde divergenti e convergenti, approdando alla teoria unitaria in cui passato e futuro sono causalità e finalità di ogni fenomeno naturale" [Provenzano 2020].
Gli *street artists* ROA (fig. 2.a), Beau Stanton (fig. 2.b), Mentalgassi, Chu, Dr. D, Ludo, David Ellis, Maya Hayuk, Yuri Shimojo and SASU (Rogers 2011), si avvalgono di un principio geometrico analogo (i.e. anamorfosi tabula scalata) per la realizzazione delle proprie *street artworks*: l'interlacciamento delle immagini è ottenuto dividendo le figure di partenza nello stesso numero di fasce distribuite, alternatamente, su una serie di elementi adiacenti a sezione triangolare (ad esempio serrande, sistemi di facciata, cancelli), inclinati rispetto alla giacitura della direzione lungo cui la sequenza si sviluppa. Al variare dell'angolo visuale (posizione dell'osservatore) rispetto al centro della sequenza, è possibile visualizzare separatamente le diverse figure. Obiettivo del presente lavoro è applicare la tecnologia lenticolare per interlacciare le foto e le immagini prodotto delle attività diagnostiche eseguite sui beni culturali.

La Diagnostica per la comunicazione: tra scienza e arte

Le indagini diagnostiche, *e.g.* Raggi X, Fluorescenza UV, Riflettografia IR, propedeutiche per la conservazione e il restauro di un'opera, rivelano eventuali pentimenti, disegni preparatori, ridipinture, revisioni, ritocchi celati dietro l'opera definitiva. La scoperta dei Raggi X (1895), ad opera di Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), contestualmente all'applicazione diagnostica in campo medico, si rivelò utile anche in campo artistico, grazie alle innovazioni tecniche progettate dall'ingegnere Arturo Gilardoni (1905-1987), pioniere dell'industria radiologica

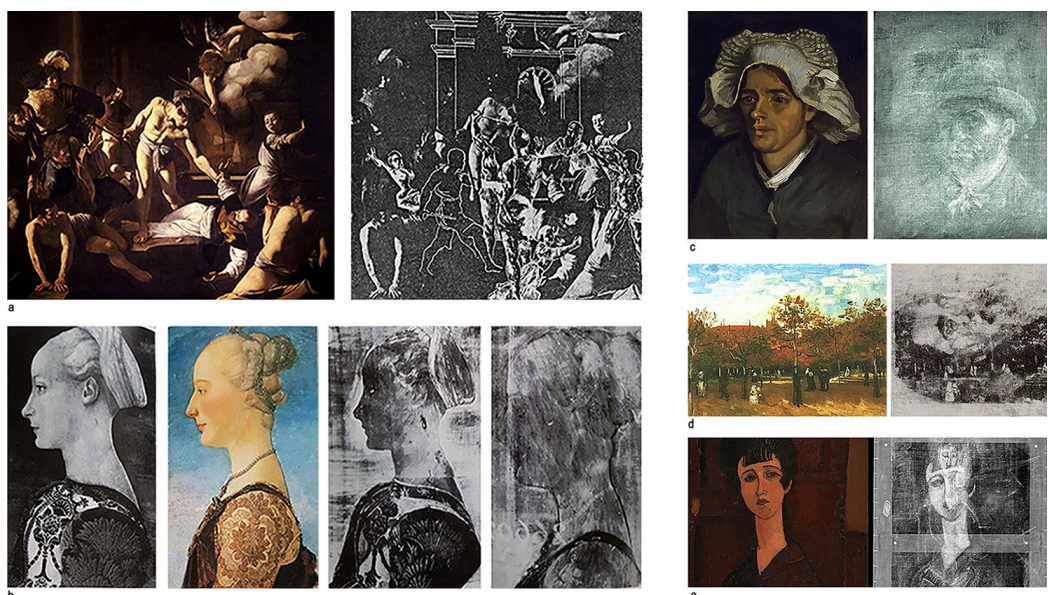



Fig. 3. Confronto opera – Raggi X: a) Caravaggio, *Martirio di San Matteo*, 1599-1600; b) Pollaiolo, *Ritratto di giovane donna*, 1470-1472; c) Vincent Van Gogh, *Testa di contadina*, 1885; d) Vincent Van Gogh, *Persone che passeggiano in un parco*, 1886; e) Alberto Modigliani, *Ritratto di Ragazza*, 1917.

italiana. I Raggi X, applicati alle opere d'arte, hanno rivelato celebri casi di pentimento: dal *Martirio di San Matteo* di Caravaggio (1599-1600), per cui l'artista delineò due versioni alternative (fig. 3.a), alla *Tempesta* di Giorgione; dall'*Autoritratto* di Rembrandt [Martines 2013], al *Ritratto di giovane donna* del Pollaiolo (1470-72), (fig. 3.b), [Gilardoni 2019]. Recenti sono le scoperte dei disegni rinvenuti sul retro di opere note di Vincent Van Gogh (fig. 3.c), tra cui l'autoritratto sottostante l'opera *Testa di contadina* (1885), e la testa di uomo nascosta sotto l'opera *Persone che passeggiano in un parco* (1886), (fig. 3.d), [Testa 2022]. Sono noti anche i disegni rinvenuti sotto opere celebri di Alberto Modigliani, tra cui il *Ritratto di Ragazza*, dietro cui si cela un secondo volto femminile (fig. 3.e), [Spiezia 2021]. Il Museo del Prado ha progettato un'app che utilizza immagini zoomabili per approfondire la conoscenza di quattordici capolavori conservati nel museo, condividendo le indagini ai Raggi x, infrarossi e ultravioletti e rivelando particolari altrimenti inaccessibili al pubblico [Archeomatica.it 2014]. A titolo di esempio per l'utilizzo dei Raggi X in campo artistico, il fisico olandese Arie Van't Riet compone i suoi *bioramas* su una pellicola radiografica al bromuro d'argento, esposta ai Raggi X al fine di ottenere il negativo della stessa immagine, in seguito manipolata mediante aggiunta di colori o di altri elementi [Sonato 2021].
Da sempre, il connubio interdisciplinare fisica/arte si configura, dunque, quale campo di sperimentazione stimolante, in ambito didattico e di ricerca, tanto dal punto di vista tecnico-scientifico, quanto dal punto di vista artistico-creativo.

Il caso studio applicativo, tra opera visibile e immagine nascosta

Tra didattica e ricerca, l'opera oggetto della sperimentazione è un olio su tela, databile dal XVII° sec. al XVIII° sec., di autore ignoto afferente alla Scuola Napoletana. Il dipinto, caso studio di una Tesi di Laurea del *Corso di Studi Magistrale in Conservazione e Restauro dei Beni Culturali* dell'Università Suor Orsola Benincasa di Napoli, raffigura un'ambientazione arcadica, un paesaggio ideale con tempio classico in rovina; due figure, un uomo e una donna, a passeggio; un uomo a cavallo ed elementi naturali ad incorniciare elementi architettonici di sfondo. Afferenti a tale scuola, Michele Pagano (1697-post 1750), si cimentò in raffinate vedute, ritraenti lussureggianti paesaggi con santi in solitario pentimento e scene pastorali animate da piccoli viandanti, e Nicola Viso (1724-1742), pittore attivo a Napoli nella prima metà del XVIII secolo, coniugò suggestivi capricci architettonici a temi religiosi. L'intreccio di tali contenuti rappresentati, rispettivamente, nella foto e ai Raggi x, costituisce il soggetto utilizzato per testare processo e strumento (figg. 4a, 4b).
Obiettivo principale è parametrizzare la costruzione del pattern per l'interlacciamento delle due immagini, al fine di renderle contestualmente fruibili mediante stampa e costruzione di un dispositivo lenticolare analogico *low cost*. Il progetto ha lo scopo di valorizzare e divulgare opere più o meno note, la storia e gli artisti che si celano dietro le stesse, oltre che il fermento scientifico multidisciplinare, non appropriatamente noto o difficilmente accessibile al pubblico non specialistico, che anima le attività di conservazione e restauro.
Dalle analisi diagnostiche eseguite sull'opera, al di sotto della scena raffigurata, è emersa un'adorazione dei Magi. La Fluorescenza UV (fig. 4c), propedeutica per le operazioni di pulitura superficiale, ha evidenziato la presenza di numerose ridipinture. La Riflettografia IR ha consentito l'acquisizione di informazioni sugli strati immediatamente sottostanti la stesura pittorica finale. Confrontando i risultati derivanti da tale analisi e le fotografie macro (fig. 4d), emerge un tema diverso rispetto alla passeggiata delle due figure nel paesaggio con rovine rappresentata nel dipinto.
In particolare, confrontando la foto del dipinto con le immagini derivanti dalle indagini IR e Raggi X, è possibile notare che, alla destra della coppia, appare una figura: accanto alle colonne si intravede il profilo di un uomo, le cui vesti invitano ad ipotizzare che possa essere uno dei Re Magi. Tali ipotesi sono state confermate dalle indagini ai Raggi X (figg. 4b, 5), rivelanti una natività con adorazione dei Magi, posta alla destra delle rovine classiche.
Il progetto prevede la realizzazione di una stampa lenticolare delle stesse dimensioni dell'opera, fruibile in occasione di un'eventuale mostra appositamente allestita per la valorizzazio-

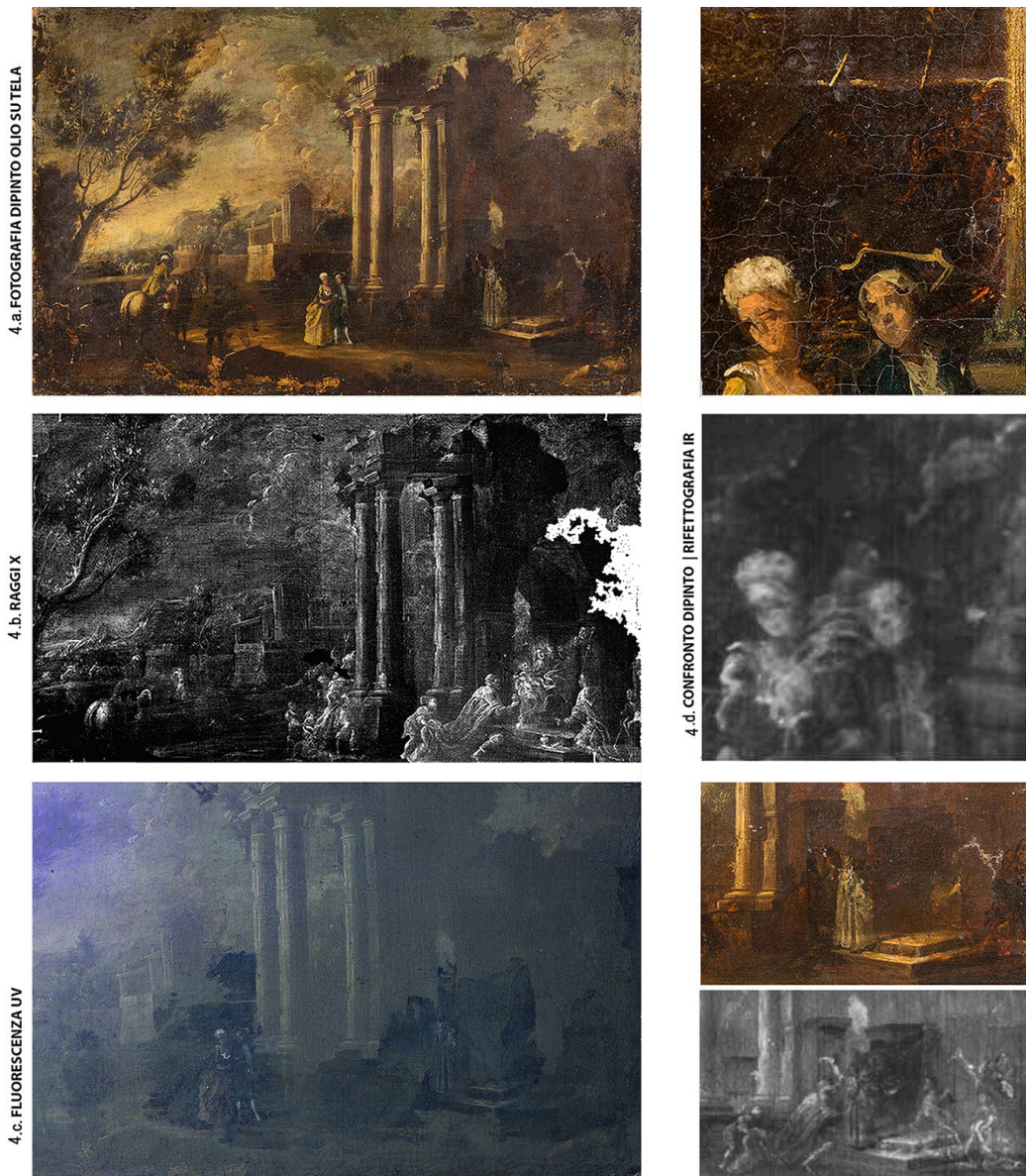



Fig. 4. a) Fotografia dell'opera (autore anonimo, dimensioni: 71,5 cm x 46,5 cm); b-d) indagini diagnostiche eseguite per attività di conservazione e restauro, confronto tra dettagli.

ne di opere caratterizzate dalla presenza di un eventuale contenuto nascosto o alternativo, e di card in formato ridotto, disponibili come souvenir o acquistabili dai visitatori in appositi shop, al fine di divulgare l'opera e di promuoverne e/o approfondirne la conoscenza.
L'effetto di transizione è prodotto in due fasi:

- codifica delle informazioni della scena ed integrazione di una sequenza di immagini in un'unica immagine (interlacciamento = immagine master);
- decodifica dell'immagine master mediante applicazione del foglio lenticolare.

I parametri e i rapporti che definiscono le proprietà e potenzialità del foglio lenticolare sono:

- dimensioni e risoluzione delle immagini;
- materiale (acrilico PMMA, APET, PETG, policarbonato, polipropilene, PVC e polistirene);
- densità delle lenti (LPI_*Lens or Lines per Inch*);
- spessore (misurato in pollici o mm, inversamente proporzionale al numero delle lenti);

Fig. 5. Sovrapposizione tra la fotografia dell'opera e le immagini risultato delle indagini ai Raggi X.

- ampiezza angolo visuale (angoli visuali contenuti/effetti 3D, angoli ampi/effetti dinamici);
- distanza (valore inversamente proporzionale al valore LPI);
- trasparenza (direttamente proporzionale all'effetto visivo);
- durata e stabilità (sensibilità alla temperatura e ai raggi UV);
- divisibilità delle risoluzioni stampante/obiettivo (la scelta del numero di LPI è matematicamente correlata al tipo di stampate).

L'algoritmo è stato costruito sulla base dei valori e dei rapporti indicati all'interno delle tabelle pubblicate in articoli scientifici o nei website di aziende specializzate [1], riportate in figura 6 (a, b), e dei contenuti pubblicati su siti specialistici [Laurie 2022].
I principali parametri in input, individuati per generare automaticamente il pattern, sono:

DIVISIBILITA' DELLE RISOLUZIONI (STAMPANTE - DPI)
HP - Canon 600 DPI - Epson di 720 DPI

RAPPORTI LPI - View angle - View distance - Thickness

Tabella di riferimento 1

LPI	10	15	20	30	40	60	75	100
View Angle	48	47	47	49	49	54	49	42
View Distance	10'–50'	5'–20'	5' – 20'	3'–15'	1' – 15'	1' – 10'	6'' – 3''	6'' – 10''

Tabella di riferimento 2

LPI	20	40	60	75	100
Thickness	3,3 – 3,8 mm	0,9 – 1,8 mm	0,8 mm	0,65 mm	0,4 mm
View Distance	8 – 1,5 m	4 – 1 m	2 – 0,3 m	1,5 – 0,2 m	1 – 0,15 m

Tabella di riferimento 3

LPI	10	15	20	30	40	60	75	100
View Angle	48	47	47	49	49	54	49	42
View Distance	15–3 m	6-1,5 m	6-1,5 m	5-1m	5m-30cm	3m-30cm	1m-15cm	25-15 cm

Tabella di riferimento 4

Material	Acrylic	APET	PETG	Polycarbonate	Polypropylene	PVC	PS
Indoor		X	X				
Indoor/Outdoor	X			X	X	X	X

Fig. 6. a) Interlacciamento; b) LPIs per piccoli formati inkjet: 60, 40, 30, 15, 10 (rapporto risoluzione stampante – n. lenti: HP and Canon = 600 DPI - Epson = 720 DPI); angoli visuali ampi sono ottimali per effetto transizione; angoli contenuti sono ottimali per l'effetto 3D.

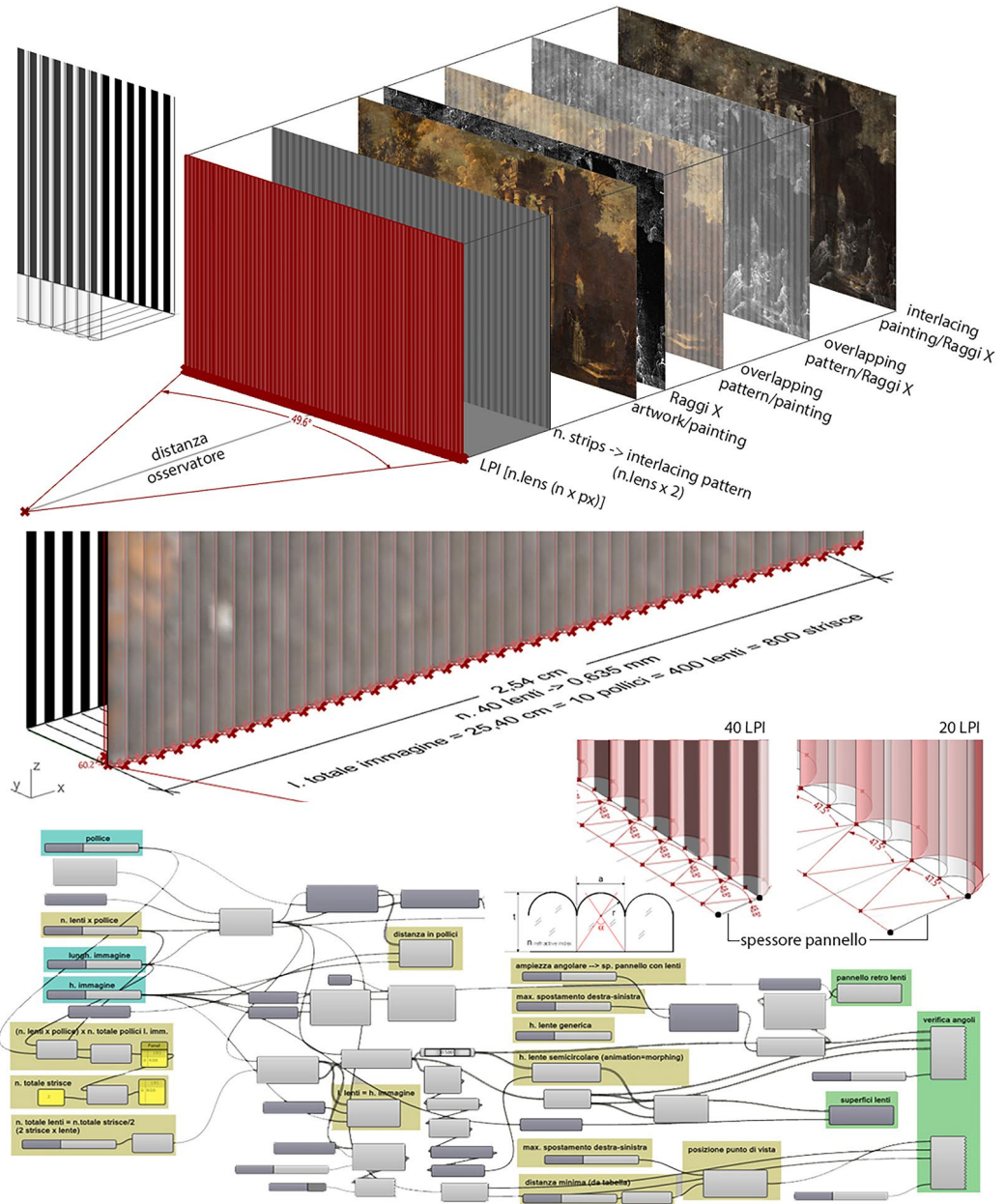
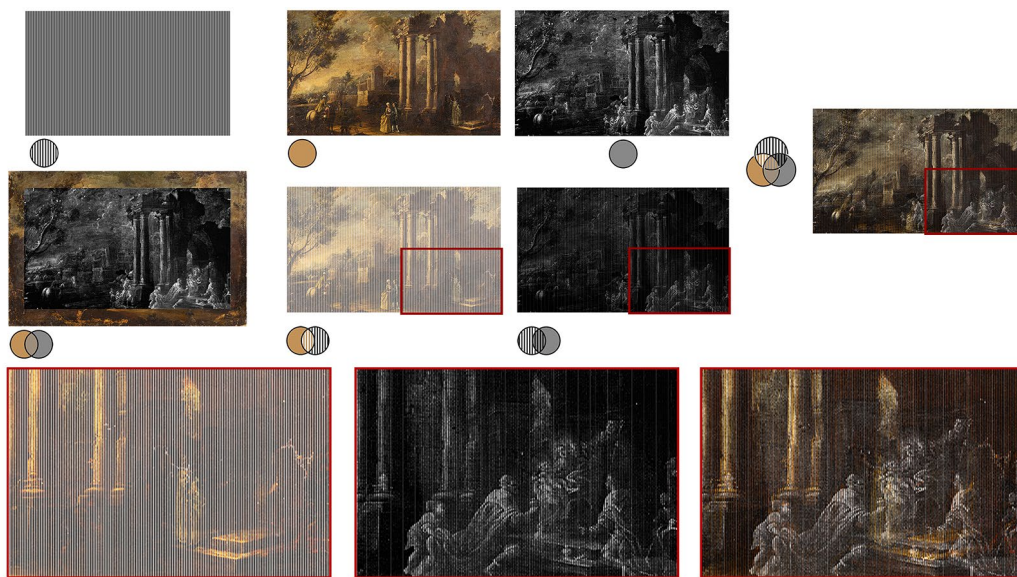



Fig. 7. Definizione e applicazione dell'algoritmo VPL; a sinistra, in basso, principali parametri in input. La definizione traduce le operazioni matematiche relative al rapporto tra tolleranze micrometriche e risoluzioni stampante/LPI per la costruzione del sistema di riferimento. Caso studio: larghezza immagine = 25,40 cm = 10 pollici; LPI x n. tot. Inches = 40 lenti x 10 pollici = 400 lenti totali; n. totale strisce = 400 lenti totali, 2 strisce (b/n) per lente, 800 strisce; capacità stampante = 720 DPI; 720 DPI/40 LPI = 18 dots/punti per lente.

- dimensioni immagine;
- risoluzione immagine;
- LPI_ *Lines o Lenses per Inch*;
- profilo/curvatura della lente;
- angolo e distanza visuale.

L'algoritmo (fig. 7) divide la base dell'immagine in segmenti modulari di lunghezza pari a un pollice, quindi ciascun segmento per il numero di LPI ritenuto adeguato. Per dispositivi dalle dimensioni contenute sono ritenuti idonei valori LPI pari a 40 o 60. Moltiplicando l'LPI per il numero di pollici totale è possibile ottenere il numero totale di lenti che, raddoppiato, corrisponde al numero totale di strisce che compongono il pattern necessario per l'interlacciamento delle immagini. Lo spessore del pannello, posto tra l'immagine interlacciata e la base delle lenti, è calcolato sulla base della corrispondenza tra l'ampiezza dell'angolo di rifrazione interno alla lente e la distanza visuale. L'immagine, per semplificare il *testing*

Fig. 8. Il *pattern*, la foto e le immagini ai Raggi X, sono stati interlacciati (Adobe Photoshop). Le combinazioni foto - strisce bianche e Raggi X - strisce nere, eliminando le strisce bianche e nere, sono tradotte in fasce alterne, piene e trasparenti: sovrapposizione e traslazione tra le fasce piene delle due immagini consentono l'interlacciamento finale (immagine master), (cfr. fig. 6a).

dell'algoritmo e produrre una card più maneggevole, è stata ridotta, portando la base a 25,40 cm, pari a 10 pollici. Consultando le tabelle, compatibilmente con le proprietà relative alla risoluzione di stampa delle macchine in commercio in relazione alle dimensioni stabilite per il dispositivo, è stato adottato un LPI 40. L'immagine è stata importata all'interno dell'algoritmo ad una risoluzione di 72 DPI per agevolare i processi di suddivisione della distanza totale in un numero elevato di bande e di estrusione lineare (h. immagine) dei profili semicircolari (r = larghezza singola striscia) delle lenti semicilindriche (*flip*) per ogni striscia.
Definito il pattern, le due immagini sono state interlacciate (Adobe Photoshop), (figg. 8, 9). Eseguito il *bake* delle lenti e del pannello retrostante, l'immagine interlacciata è stata inserita all'interno del sistema 3D in ambiente CAD (da Grasshopper a Rhino). Il *rendering* in *real time* (Raytracing), gestito ruotando il modello del dispositivo (simulazione della rotazione manuale), ha consentito di verificare il funzionamento del sistema parametrizzato. Sulle superfici delle lenti sono stati testati i materiali vetro e plastica, valutando il risultato al variare del materiale, dell'indice di rifrazione e del valore percentuale di trasparenza, fino ad ottenere la transizione tra le immagini interlacciate e la visualizzazione delle immagini separate (fig. 10).

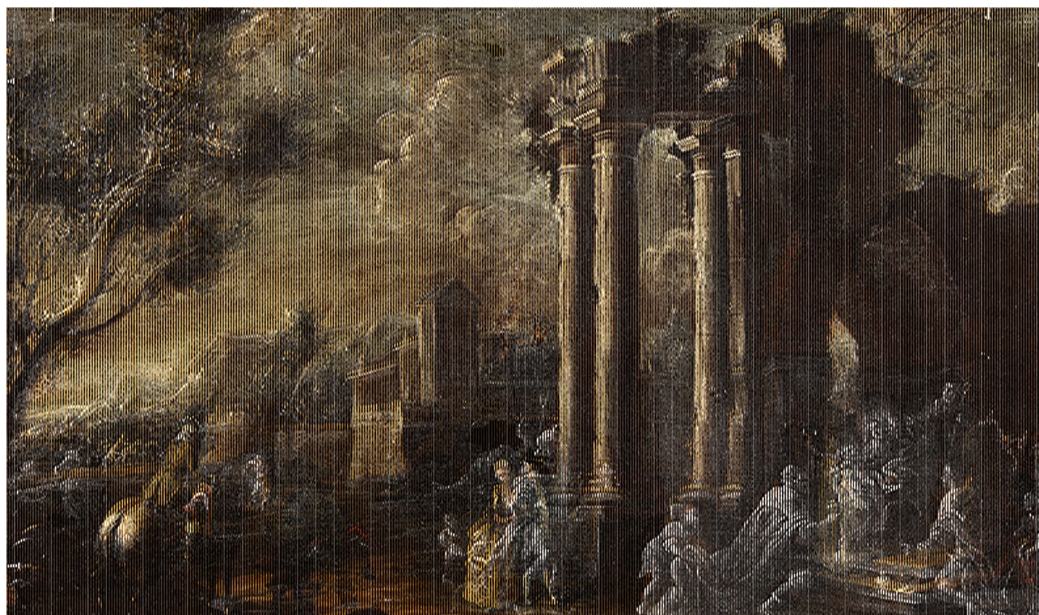



Fig. 9. Immagine master ottenuta interlacciando la foto della tela e i Raggi X. La figura mostra le due immagini distinte, visibili, in transizione, mediante applicazione del dispositivo ottico lenticolare, inclinando il supporto o cambiando il punto di vista.

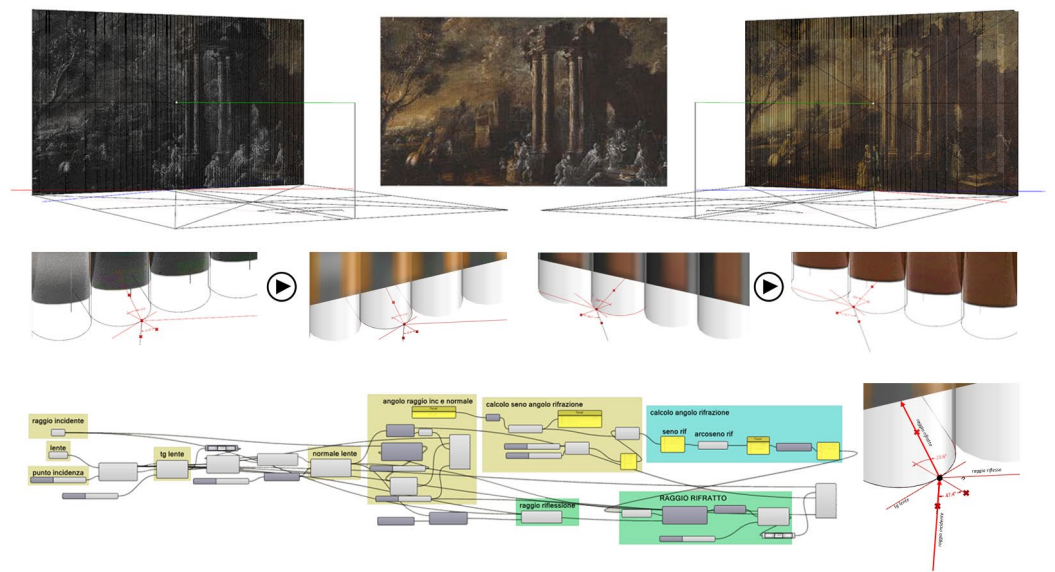
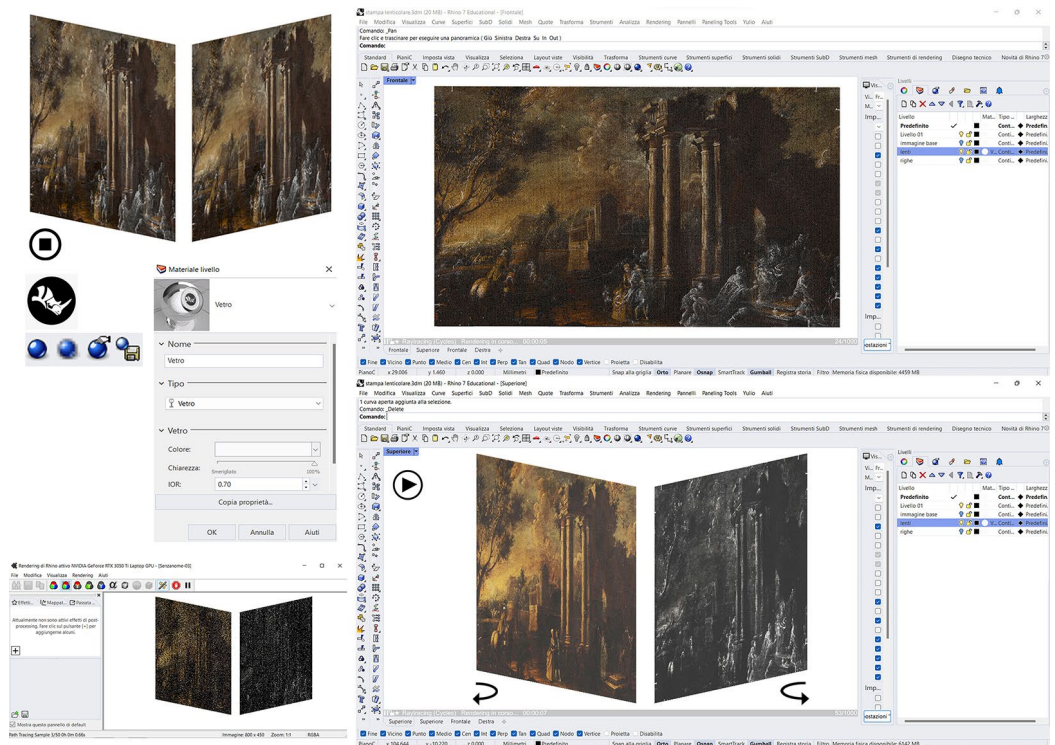



Fig. 10. *Rendering* del dispositivo ottico lenticolare 3D: ruotando il supporto, variando il valore percentuale di trasparenza e l'angolo di rifrazione attribuiti ai materiali selezionati (vetro e plastica) è possibile simulare la transizione, o *flip*, tra le immagini.

Conclusioni

Attualmente, le tecnologie digitali impiegate per la fruizione dei beni possono richiedere l'ausilio di *device medium - high cost*. Tra didattica e ricerca, l'adozione e sperimentazione di dispositivi autostereoscopici analogici, supportati da uno studio approfondito, finalizzato all'avanzamento di proposte innovative e alternative, può rappresentare una soluzione *low cost* per la progettazione di applicazioni e per il *testing* di soluzioni finalizzate alla valorizzazione delle opere d'arte e dei relativi prodotti diagnostici, opportunamente manipolati al fine di approfondirne la conoscenza, rivelandone volti e messaggi inediti.

Note

[1] Si riporta, di seguito, l'elenco dei siti consultati per l'acquisizione dei parametri ad oggi adottati da alcune tra le principali aziende specializzate nel campo della tecnologia lenticolare:
ViCGI <vicgi.com/);VISIO ITALIA <lenticolari.it/>; H3D SYSTEM <lenticolare.it/>; DP Lenticular <dplenticular.com>; Jumping Jack Flash weblog <jumpjack.wordpress.com/2013/07/27/primi-passi-nella-stampa-3d-lenticolare/>; LENSTAR lenticular <https://www.lenstarlenticular.com/lenticular-lenses>; software: Photoprojector <3dmix.com/eng/help/help1_eng.htm>

Ringraziamenti

L'autrice ringrazia la studentessa Miriana Terriccio e la prof.ssa Patrizia Irene Somma, restauratrice e docente del *Laboratorio di Restauro dei dipinti su tela* (PFP2 - DM 26 maggio 2009, n. 87 (1) – Allegato B), per la condivisione dei prodotti delle indagini diagnostiche pre-restauro eseguite sulla tela, caso studio della Tesi di Laurea in corso del Corso di Studio Magistrale in *Conservazione* e *Restauro dei Beni Culturali*, Università Suor Orsola Benincasa di Napoli, Dipartimento di Scienze Umanistiche.

Riferimenti bibliografici

Algorri J.F., Urruchi V., García-Cámara B., Sánchez-Pena J.M. (2016). Crystal Microlenses for Autostereoscopic Displays. In *Materials*, n. 9 (1), 36, <https://www.mdpi.com/1996-1944/9/1/36> (consultato il 22 aprile 2023).

Art-Gil: i prodotti Gilardoni a servizio dell'arte (2019). In A. Gilardoni (a cura di) *Imaging the future since 1947*, <gilardoni.it/news/art-gil-i-prodotti-gilardoni-a-servizio-dell-arte/> (consultato il 22 aprile 2023).

14 opere del Museo del Prado ai raggi X e IR fruibili in una app. (15 maggio 2014). In *Archeomatica. Tecnologie per i beni culturali*, <http:/archeomatica.it/ict-beni-culturali/14-opere-del-museo-del-prado-ai-raggi-x-e-ir-fruibili-in-una-app>(consultato il 22 aprile 2023).

Calleja S. (2021). *Repetition as a record of movement depicted through lenticular art*. Bachelor's dissertation. Università di Malta.

de la Barré R., Bartmann R., Kuhlmey M., Duckstein B., Jurk S., Renault S. (2017). A new design and image processing algorithm for lenticular lens displays. In *IS&T International Symposium on Electronic Imaging 2017 Stereoscopic Displays and Applications XXVIII*. Riga, 15-18 maggio 2017, vol. 29, 5, pp. 194-199. Electronic Imaging, Society for Imaging Science and Technology.

d'Agostino P., Antuono G., Vindrola P.G. (2022). Augmented Visual Models of Scientific Zoological Collections. A User Experience at the MUSA University Museum. In *Diségno*, 11/22., pp. 211-222, <https://disegno.unioneitalianadisegno.it/index.php/disegno/article/view/417> (consultato il 22 aprile 2023).

Gilardoni A., Ascani Orsini R., Taccani S. (1977). X-Rays. In *Art. Phisycs, Technique, Applications*. Como: Gilardoni Spa.

Laurie B. (2022). Did That Graphic Just Change? Smithsonian EXHIBITS, <exhibits.si.edu/.exhibits.si.edu/did-that-graphic-just-change/> (consultato il 22 aprile 2023).

Lecci N., Vezzi A. (2022). Raccontare i reperti archeologici: un video olografico per la stele di "Auvele Feluske". In E. Bistagnino, C. Battistini (a cura di). *DIALOGHI. Visioni e visualità. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione. Congresso della Unione Italiana per il Disegno*. Genova, 15/16/17 settembre 2022, pp.1628-1643. Milano: FrancoAngeli.

Martinez V. (2013). I Raggi X e l'Arte: un matrimonio pieno di sorprese. Storia della Medicina, <ammiragliovincenzomartines.it/i_raggi_x_e_l_arte_storia_della_medicina.html> (consultato il 22.04.2023).

Massaccesi E. (2021). By Your Side. Yves Scherer da Cassina Projects, Milano. Juliet. Contemporary Art Megazine, since 1980. <juliet-artmagazine.com/by-your-side-yves-scherer-da-cassina-projects-milano/> (consultato il 22 aprile 2023).

Provenzano N. (2020). *Uno spazio accanto al tempo: la Galleria Alessandra Bonomo ospita le opere di Fosco Valentini*. La città immaginaria. <lacittaimmaginaria.com/fosco-valentini-un-altro-spaziotempo/> (consultato il 11 gennaio 2023).

Rogers S.A. (2011). Lenticular Street Art: Trick Graffiti Works only at Angles. In *Weburbanist. Architecture, Art, Design & Built Environments*, <weburbanist.com/2011/12/12/lenticular-street-art-trick-graffiti-works-only-at-angles/> (consultato il 22 aprile 2023).

Spiezia M.C. (2021). Modigliani e la figura celata. <https://www.archeomatica.it/documentazione/modigliani-la-figura-nascosta> (consultato il 7 agosto 2023).

Sonato A. (2021). *Scienza e Arte: la natura a raggi X di Arie Van't Riet*, <https://ilbolive.unipd.it/it/news/scienza-arte-natura-raggi-x-arie-vant-riet> (consultato il 22 aprile 2023).

Testa F. (2022). Un Van Gogh dietro un altro: incredibile scoperta in Scozia. In *Life and people magazine*, <https://www.lifeandpeople.it/2022/07/15/nuovo-autoritratto-vincent-van-gogh-scozia-nation-gallery-edimburgo/> (consultato il 7 agosto 2023).

Zeng J., Deng H., Zhu Y., Wessely M., Kilian A., Mueller S. (2022). Demonstration of Lenticular Objects: 3D Printed Objects with Lenticular Lens Surfaces That Can Change their Appearance Depending on the Viewpoint. In M. Agrawala, J.O. Wobbrock (Eds). *UIST '22 Adjunct: 35th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. Conference proceedings*. Bend, OR, USA, 29 ottobre - 2 novembre 2022, n. 59, pp. 1-3. New York: Association for Computing Machinery.

Autore
Emanuela Lanzara, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa - Napoli, emanuela.lanzara@unisob.na.it

Per citare questo capitolo: Lanzara Emanuela (2023). Oltre il visibile: dispositivi lenticolari per i beni culturali tra fotografia e diagnostica/Beyond the Visible: Lenticular Tools for Cultural Heritage between Photography and Diagnostics. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (a cura di). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2873-2893.

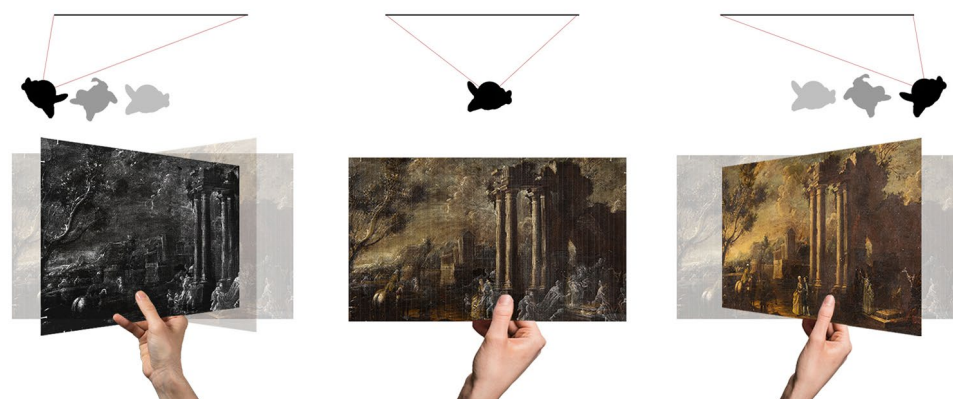
 Isbn 9788835155119

Beyond the Visible: Lenticular Tools for Cultural Heritage between Photography and Diagnostics

Emanuela Lanzara

Abstract

The era of digitisation is transforming communication and promotion of cultural heritage aimed its shared and conscious enjoyment, capitalizing on the potential of new technologies [d'Agostino et al. 2022, p.211; Lecci et al. 2022, p.1628].The main goal of this work is to propose the application of lenticular printing as a low cost technology based on the use of recyclable and sustainable materials for the artworks enhancement.This technology has been tested to interlace photographs and X-Ray images, crossing the visible artwork, to reveal artist's regrets, repaints, invisible to the observer in natural light conditions. Diagnostic products, scientific preparatory tools for the conservation and restoration activities, usually not shared with non-specialist public, become themselves artwoks [Gilardoni 1977]. Mathematical - geometric lenticular principles allow the animated transition between a finite number of images varying the observer point of view and the integration of their message without the use of expensive devices, even only through analog card. Marketing Solutions sometimes use them as advertising vehicle, supporting experimentation in this area and developing digital products for technologically advanced lenticular supports, as well as XR and NFT applications.

Keywords
VPL, Cultural Heritage, X Rays, Lenticular Printing, Flip

Simulation of the lenticular effect defined by interlacing photography of the artwork and X-ray image.

doi.org/10.3280/oa-1016-c442

Introduction

A lenticular print communicates illusion of depth and image transformation if viewed from different viewpoints. This technology, born in the 1940s, has evolved thanks to the advancement of software and printing techniques. A lenticular sheet presents, on one side, a series of cylindrical or convex lenses; on the other side, it supports an interlaced image 'master image'. Lenticular technology exploits light refraction and reflection crossing a translucent plastic material: curved lenses deviate light along different directions according to the observer's positions (visual angle and distance) separately revealing the different interlaced images in relation to the micrometric tolerances required for the transformation effect. Therefore, a lenticular sheet is an optical, analog, low cost, autostereoscopic device capable of generating in the observer naked eye depth visual effect (3D) and/or switching between different images (transformations/transitions). Nowadays, digital technologies used to enjoy artworks and cultural heritage may require 'medium - high cost' tools, e.g. 'smart/stereoscopic glasses', 'headset' or other devices.
Autostereoscopic devices represent one of the main goal pursued by specialistic research groups: comparing parallax barriers and lenticular systems, the second improve the process: [Zeng et al. 2022; Calleja 2021; de la Barré et al. 2017, pp.194-199; Algorri et al. 2016, pp.4-14].
The lenticular effects are distinguished in: FLIP, rapid transition between two different images; MORPHING, slow and gradual transformation between images; MULTIFRAME, high degree of detail during the transition between images; ZOOM, resizing of image details; 3D, natural stereoscopic effect, given by the sequence of multiple images.
The digital prototype presented in this contribution parameterizes the lenticular system applied to interlaced images between photographs and X-Ray images of artworks, viewable and comparable thanks to the adopted 'flip' effect.

Lenticular Systems, between Architecture, Art, Design and Building Environment

Among famous lenticular artworks of artists and designers, we can mention the projects of Fabio Ongarato, Peter Marino, Ara Starck, Karim Rashid, who designed the three modular walls, *Ikons*, twenty panels (1,2x2,4) m, *Mutalblob Pink* and *Mutalblob Lime*, twenty-six panels (1,2x1,8) m, for the University station of the Naples Metro. In the field of fashion, artist Annette Meyer has integrated medium panels (1,20x1,80) m and small cards (10x15) cm, depicting transition between models in different positions to simulate a fashion show for the *Icon Dressed* exhibition at the Trapholt Museum (fig. 1.a). Rafaël Rozendaal, visual artist famous for his works transposing world wide web on canvas, is the author of the series *Lenticular Paintings* (2014), iridescent lenticular slabs (fig. 1.b). The artist Fosco Valentini, in *Lenticular* (2012), a sequence of three lenticular prints composed of twenty frames, rhythming a cone, a cylinder and an iridescent sphere, "transports the observer from Euclidean geometry to the

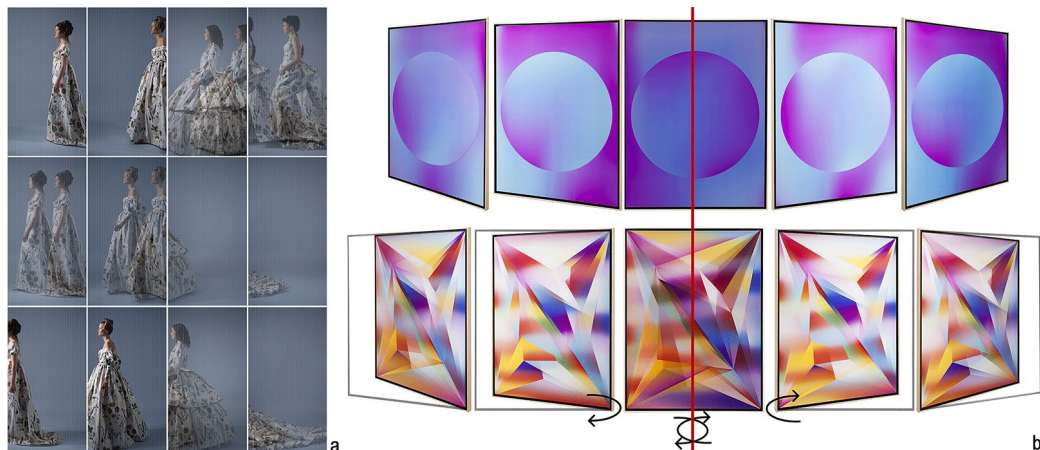
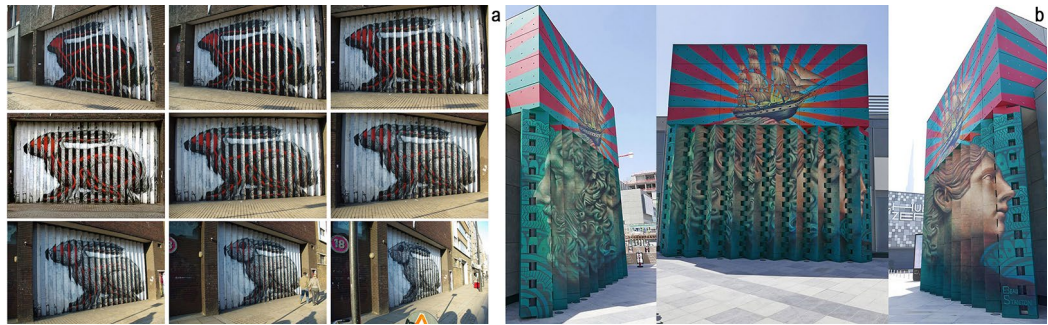



Fig. 1. Fig. 1. a) Annette Meyer, *Icon Dressed*. Photo by Shiro Takatani; b) Rafaël Rozendaal, Lenticular Paintings, 2014

Fig. 2. a) ROA, *Street artwork* on the Curtain Road, London 2009; b) Beau Stanton, *Lenticular*, Dubai 2016.

geometric awareness of the universe in the entropic and syntropic phenomena of divergent and convergent waves, arriving at the unitary theory in which past and future are the cause and purpose of every natural phenomenon" [Provenzano 2020].
The street artists ROA (fig. 2.a), Beau Stanton (fig. 2.b), Mentalgassi, Chu, Dr. D, Ludo, David Ellis, Maya Hayuk, Yuri Shimojo and SASU (Rogers 2011), use of the lenticular technique" con "an analogous geometric principle (i.e. tabula scalata anamorphosis) to realize their street artworks: interlacing of the initial images is obtained by dividing the images in the same number of bands alternately distributed on a series of adjacent elements with triangular section (e.g. shutters, facade systems, gates), whose faces are inclined from the position of the sequence. By varying the visual angle (observer position) from the center of the sequence to the right and left, the system reveals the different figures. The aim of this work is to apply lenticular technology to interlace photo and images deriving from diagnostic activities performed on cultural heritage.

Diagnostics for Communication, between science and art

Diagnostic investigations, e.g. X-Rays, UV Fluorescence, IR Reflectography, essential and preparatory activity for preservation and restoration of a piece, allows to reveal eventual, hidden removals, preparatory drawings, repainting, revisions, retouches behind the final artwork. X-Rays (1895), discovered by Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), applied for diagnostics in the medical field, also became useful in the artistic field thanks to the technical innovations designed by the engineer Arturo Gilardoni (1905-1987), pioneer of the Italian radiological industry. X-Rays, applied to artworks, revealed famous repentances: from the *Martirio di San Matteo*

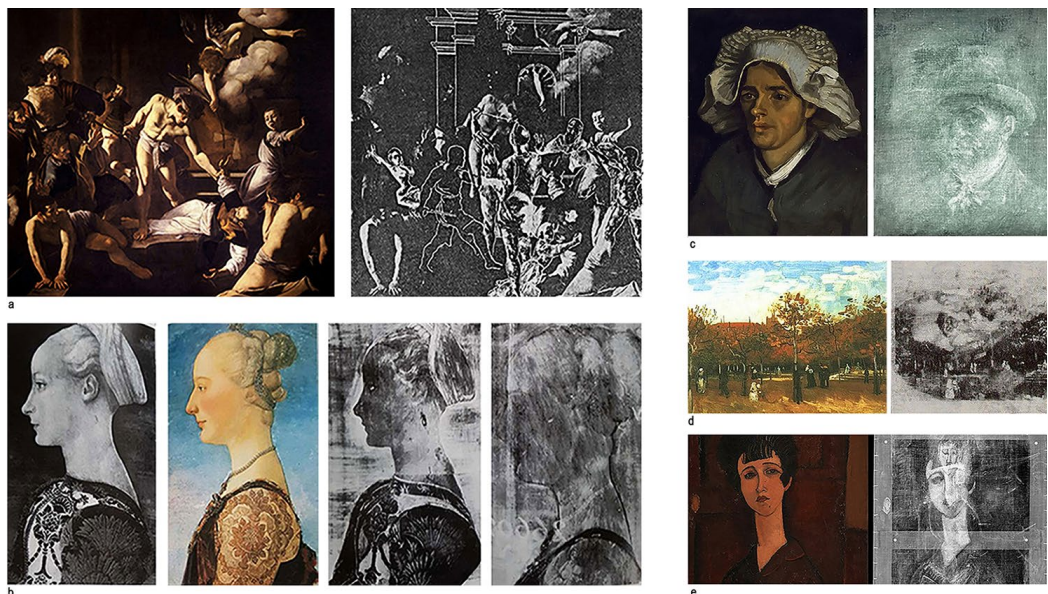



Fig. 3. Comparison painting - X-Rays: a) Caravaggio, *Martirio di San Matteo*, 1599-1600; b) Pollaiolo, *Ritratto di giovane donna*, 1470-1472; c) Vincent Van Gogh, *Head of a Peasent Woman*, 1885; d) Vincent Van Gogh, *People Walking in a Park*, 1886; e) Alberto Modigliani, *Ritratto di Ragazza*, 1917.

di Caravaggio (1599-1600), for which the artist worked on two alternative versions (fig. 3.a), to the *Tempesta* di Giorgione; from the *Autoritratto* di Rembrandt [Martines 2013], to the *Ritratto di giovane donna* del Pollaiolo (1470-72), (fig. 3.b), [Gilardoni 2019]. Recent discoveries reveal hidden drawings on the back of famous works by Vincent Van Gogh (fig. 3.c), including the self-portrait under the painting *Testa di contadina* (1885), and the head of a man hidden under the painting *Persone che passeggiano in un parco* (1886), (fig. 3.d), [Testa 2022], as well as the drawings under famous Alberto Modigliani's artworks, as in the case of *Ritratto di Ragazza*, which hides a second female portrait (fig. 3.e), [Spiezia 2021].
The Prado Museum has designed an app with zoomable images that allows for in-depth knowledge of fourteen masterpieces preserved in the museum, sharing X-Ray, infrared and ultraviolet investigations and revealing details otherwise publicly inaccessible [Archeomatica.it 2014].
As a creative example of the use of X-Rays in art, the Dutch physicist Arie Van't Riet composes his 'bioramas' on a silver bromide film exposed to X-Rays to obtain the negative of the same image, then manipulated by adding colours or other elements [Sonato 2021].
The interdisciplinary physics/art combination is a stimulating teaching and research experimentation field, both from a technical-scientific and artistic-creative point of view.

The case study, between visible artwork and hidden image

Between didactic and research activity, the artwork to test the process is an oil on canvas, datable from the seventeenth century to the eighteenth century, painted by anonymous belonging to the Neapolitan School. The painting, case study of a Master's Thesis in Conservation and Restoration of Cultural Heritage, depicts an Arcadian scenery, an ideal landscape with classical ruins; two figures, a man and a woman, walking; a man on horseback and natural elements to frame the whole scene completed by architecture on the background. Among the representatives of the Neapolitan School, Michele Pagano (1697-post 1750), ventured into refined views, portraying lush landscapes with repentant saints and pastoral scenes animated by young travellers, and Nicola Viso (1724-1742) painter active in Naples in the first half of the eighteenth century, combined suggestive architectural whims to religious themes. The interweaving of these contents in the case study, respectively in photo and X-Ray image, represents the subject used to test process and tools (fig.4a, 4b).
The main goal is to parameterize the construction of the interlacing pattern to combine the two starting images in order to make them simultaneously visible through printing and prototyping a 'low cost' analog lenticular device. The project aims to enhance and disseminate more or less famous artworks, the history and the artists behind them, as well as the multidisciplinary scientific ferment, not properly known or difficult to access to non-technical public, that animates and completes conservation and restoration activities.
The diagnostic analyses performed on the work revealed an adoration of the Magi below the scene depicted and visible in natural light. UV Fluorescence (fig. 4c), analysis required for cleaning operations, shows the presence of numerous repainting. IR Reflectography, allowed the acquisition of information on the layers immediately below the painting. The comparison of results from this analysis and macro photography (fig. 4d) reveals a different theme than the walk of the two figure in the landscape with ruins represented in the final painting. In particular, the comparison between the photo of the painting and the IR and X-Ray images reveals the profile of a man to the right of the couple: next to the columns, we can recognize a human silhouette whose clothing suggests that he may be one of the Magi. Such hypotheses have been confirmed by X-Ray investigations (figs. 4b, 5), clearly revealing a nativity with adoration of the Magi, placed to the right of the classical ruins.
The project involves the creation of a lenticular print of the same size of the paintings, for an exhibition specially designed for the dissemination of artworks and relative, hidden or alternative version, and small-format cards as souvenir for visitors or as product purchased in special shops, in order to deepen and promote these pieces.
The transition effect involves two phases:

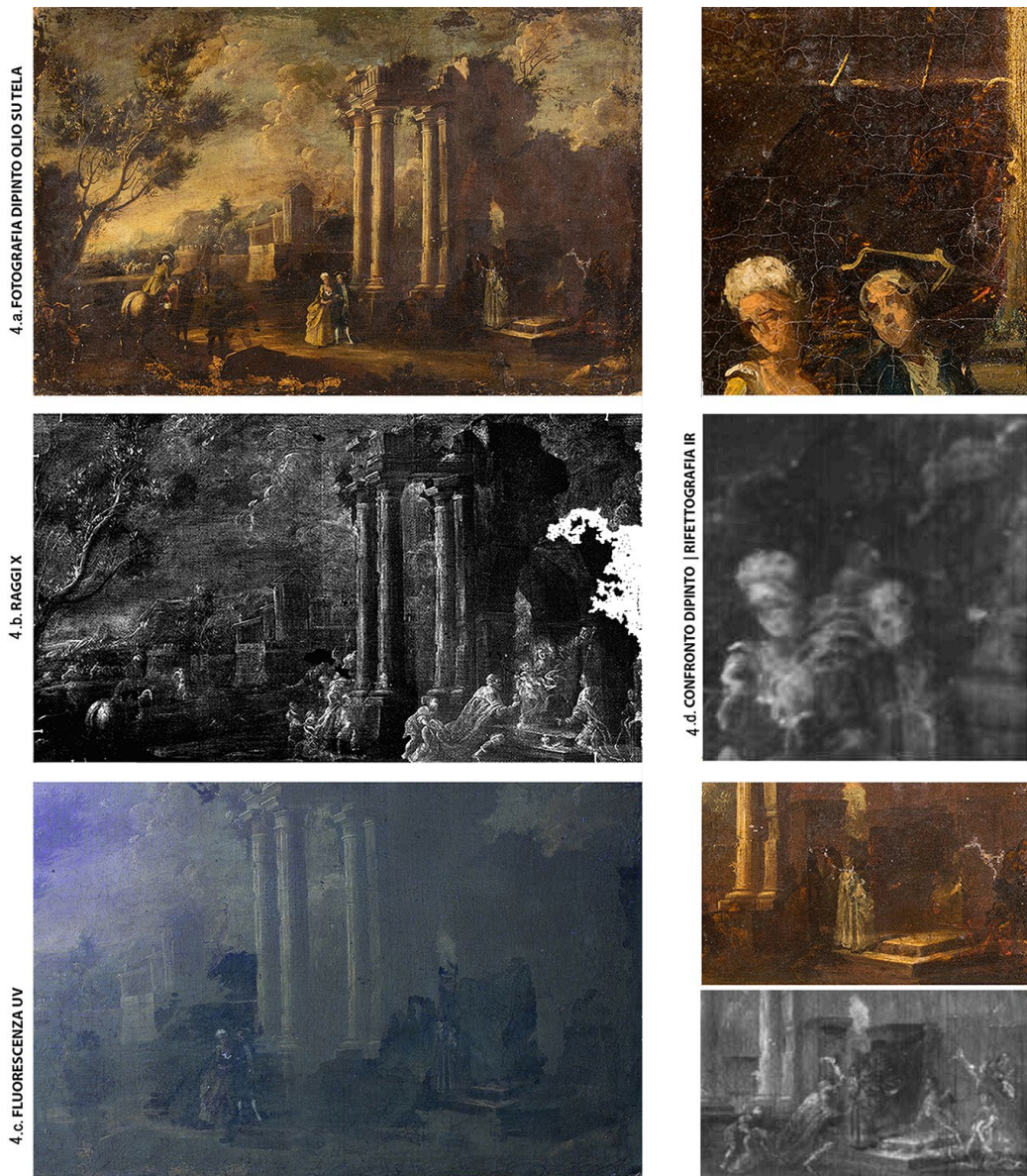



Fig. 4. a) Photo of the painting/case study (author anonymous, dimension: 71,5 cm x 46,5 cm); b-d) diagnostics for conservation and restoration activities and comparison of details.

- encoding of the scene's information and integration of images sequence into a single image (interlacing = master image);
- decoding of the master image by applying the lenticular sheet or device.

The parameters and ratios that define the properties and potentials of the lenticular sheet are:

- image size and resolution;
- material (acrylic PMMA, APET, PETG, polycarbonate, polypropylene, PVC and polystyrene);
- lens density (LPI_Lens or Lines per Inch);
- thickness (measured in inches or mm, it is inversely proportional to the number of lenses);
- visual angle amplitude (small angles/3D effects, wide angles/dynamic effects);
- visual distance (it is inversely proportional to the LPI value);

Fig. 5. Overlap between photo and X-Ray image of the artwork.

- transparency (directly proportional value to the visual effect);
- durability and stability (temperature and UV sensitivity);
- printer/lens resolution ratio (LPI is mathematically related to the printer type).

The algorithm has been defined on the basis of the values and reports indicated in the tables published in scientific papers or on the websites of specialized companies [1], shown in figure 6 (a, b), and the contents published on specialized websites [Laurie 2022].
The main starting input parameters identified to semi-automatically generate the pattern, are:

- image dimensions and size;
- image resolution (DPI);
- LPI Lines o Lenses per Inch;

DIVISIBILITA' DELLE RISOLUZIONI (STAMPANTE - DPI)
HP - Canon 600 DPI - Epson di 720 DPI

RAPPORTI LPI - View angle - View distance - Thickness

Tabella di riferimento 1

LPI	10	15	20	30	40	60	75	100
View Angle	48	47	47	49	49	54	49	42
View Distance	10'–50'	5'–20'	5' – 20'	3'–15'	1' – 15'	1' – 10'	6'' – 3''	6'' – 10''

Tabella di riferimento 2

LPI	20	40	60	75	100
Thickness	3,3 – 3,8 mm	0,9 – 1,8 mm	0,8 mm	0,65 mm	0,4 mm
View Distance	8 – 1,5 m	4 – 1 m	2 – 0,3 m	1,5 – 0,2 m	1 – 0,15 m

Tabella di riferimento 3

LPI	10	15	20	30	40	60	75	100
View Angle	48	47	47	49	49	54	49	42
View Distance	15–3 m	6-1,5 m	6-1,5 m	5-1m	5m-30cm	3m-30cm	1m-15cm	25-15 cm

Tabella di riferimento 4

Material	Acrylic	APET	PETG	Polycarbonate	Polypropylene	PVC	PS
Indoor		X	X				
Indoor/Outdoor	X			X	X	X	X

Fig. 6. a) Interlacing; b) LPIs for small inkjet projects: 60, 40, 30, 15, 10 (printer/lens resolutions divisibility: HP and Canon = 600 DPI - Epson = 720 DPI); Wide view angles allow image transition effect; small view angles allow 3D effect.

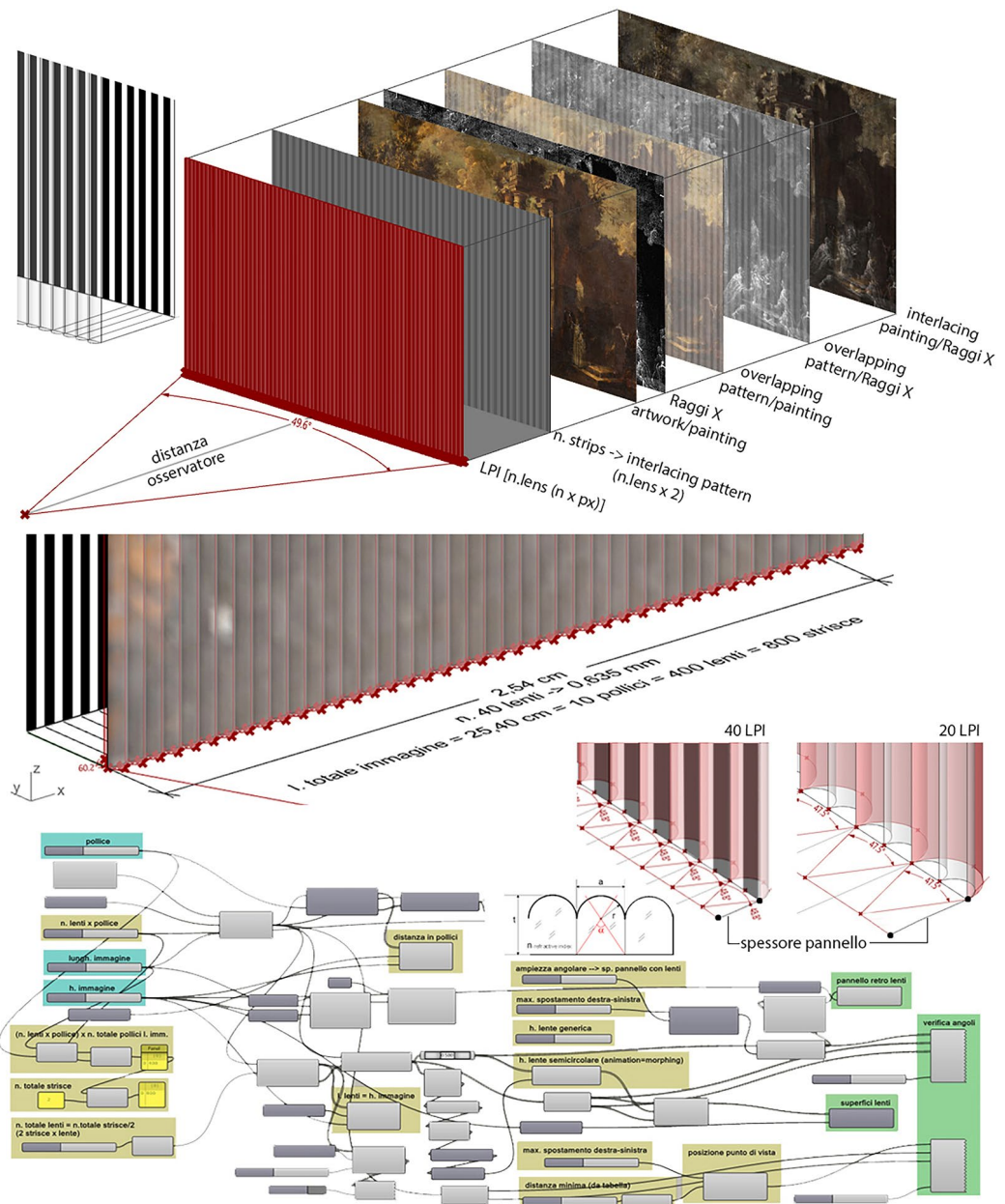



Fig. 7. VPL algorithm definition and application; left, bottom, main input parameters. The definition translates the mathematical operations related to micrometric tolerances and printer/LPI resolutions, for the construction of the reference system. Case study: image width = 25,40 cm = 10 inches; LPI x n. tot. Inches = 40 lens x 10 inches = 400 lens; total n. of strips = 400 lens, 2 strips (b/n) for lens, 800 strips; printer capability = 720 DPI; 720 DPI/40 LPI = 18 dots for lens.

- profile/curvature of the lens;
- visual angle and distance.

The algorithm (fig. 7) divides the base of the image into modular segments of one inch length, then each segment by the appropriate LPI number. For small devices, LPI values of 40 or 60 are considered. Multiplying the LPI by the total number of inches results in the total number of lenses that, doubled, corresponds to the total stripes of the pattern to interlace the images. The thickness of the panel, placed between the interlaced image and the lens base, is calculated according to the correspondence between the width of the refractive angle inside the lens and the visual angle and distance of the observer. The base of the image was reduced to 25,40 cm (10 inches), to simplify the testing of the algorithm and to produce a more manageable card.

The image was imported within the algorithm at a resolution of 72 DPI to facilitate the division of the total distance into a large number of bands and linear extrusion (h. image) of semicircular profiles (r = single strip width) aimed to model semicylindrical lenses (flip) for

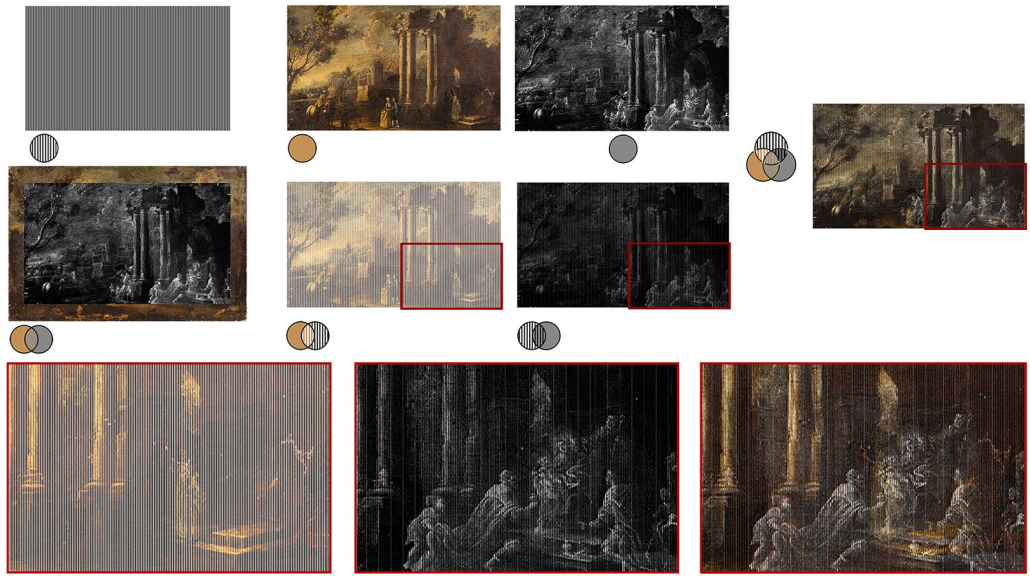



Fig. 8. Pattern, photo and X-Rays have been interlaced (Adobe Photoshop). Combinations between photos/white stripes and X-rays - black stripes, post eliminating black and white stripes resulted into alternation of full and transparent bands: overlapping and moving the full bands of the two images allow the final interlacing (master immagine), (cf. fig. 6a).

each strip (fig. 8). After pattern definition, the two images were interlaced (Adobe Photoshop), (fig. 9). After the 'baking' of 3D device (lenses and back panel), the interlaced image has been imported into CAD environment (from Grasshopper to Rhino). The rotation of the digital device in real time rendering (Raytracing) allowed to verify the parametric reference system. Glass and plastic materials were tested on the lens surfaces.
The result was evaluated testing various material, refractive index and percentage value of transparency to validate the transition between interlaced images and the visualization of separate images (fig. 10).

Conclusions

At the moment, digital technologies aimed at the enjoyment of cultural heritage and works of art may require the use of 'medium – high cost' device, such as smart glasses, headset or others. Between teaching and research activities, the use and testing of analog autostereoscopic device, supported by an in-depth study aimed at the advancement

Fig. 9. Immagine master obtained by interlacing the photo of the canvas and the X-Rays. The figure shows the two visibile images through the lenticular optical device, tilting the support or changing the observer point of view.

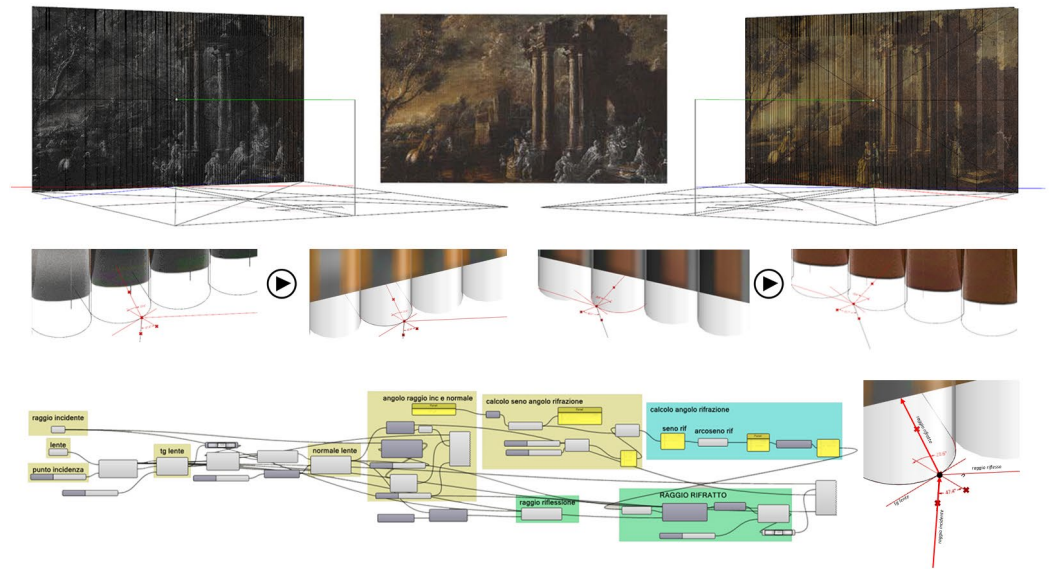
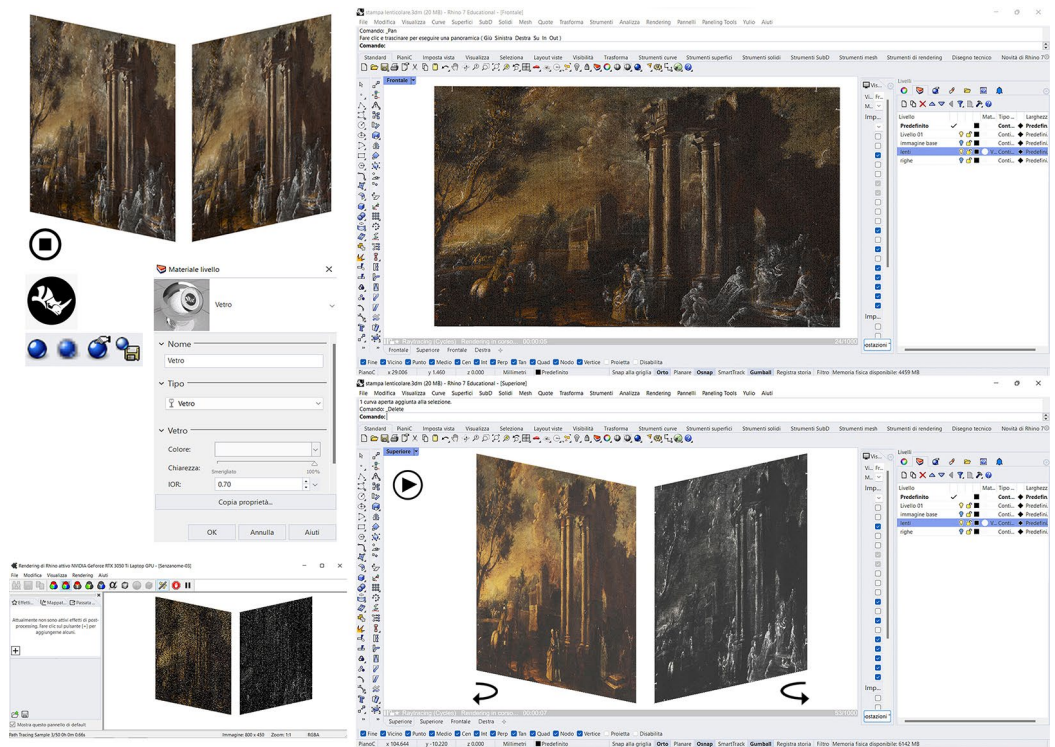



Fig. 10. Rendering of 3D lenticular optical device: the rotation of the support, the variation of the transparency percentage and the angle of refraction of the selected materials (glass and plastic), allow digital transition, or flip, between the images.

of innovative and alternative technological proposals, can represent a 'low-cost' solution to design applications and to test solutions aimed at enhancing the artworks and their graphic products, suitably manipulated in order to deepen their knowledge and to reveal hidden faces and messages.

Notes

[1] Below, the list of websites consulted for the acquisition of the parameters adopted by some of the main companies specialized in lenticular technology field: ViCGI <vicgi.com/>; VISIO ITALIA <lenticolari.it/>; H3D SYSTEM <lenticolare.it/>; DP Lenticular <dplenticular.com>; Jumping Jack Flash weblog <jumpjack.wordpress.com/2013/07/27/primi-passi-nella-stampa-3d-lenticolare/>; LENSTAR lenticular <https://www.lenstarlenticular.com/lenticular-lenses>; software: Photoprojector <3dmix.com/eng/help/help1_eng.htm>.

Acknowledgment

The author thanks the student Miriana Terriccio and the professor - restorer Patrizia Irene Somma of the Laboratory of Restoration of paintings on canvas (PFP2 - DM 26 maggio 2009, n. 87 (1) – Allegato B), for sharing products of pre – restoration diagnostic acivities performed on the case study of the Master's Thesis work in progress in Cultural Heritage Conservation and Restoration, University Suor Orsola Benincasa of Naples, Department of Humanities.

References

Algorri J.F., Urruchi V., García-Cámara B., Sánchez-Pena J.M. (2016). Crystal Microlenses for Autostereoscopic Displays. In *Materials*, No. 9 (1), 36, <https://www.mdpi.com/1996-1944/9/1/36> (accessed 22 April 2023).

Art-Gil: i prodotti Gilardoni a servizio dell'arte (2019). In A. Gilardoni (Ed.) *Imaging the future since 1947*, <gilardoni.it/news/art-gil-i-prodotti-gilardoni-a-servizio-dell-arte/> (accessed 22 April 2023).

14 opere del Museo del Prado ai raggi X e IR fruibili in una app. (15 maggio 2014). In *Archeomatica. Tecnologie per i beni culturali*, <http:/archeomatica.it/ict-beni-culturali/14-opere-del-museo-del-prado-ai-raggi-x-e-ir-fruibili-in-una-app>(accessed 22 April 2023).

Calleja S. (2021). *Repetition as a record of movement depicted through lenticular art*. Bachelor's dissertation. University of Malta.

de la Barré R., Bartmann R., Kuhlmey M., Duckstein B., Jurk S., Renault S. (2017). A new design and image processing algorithm for lenticular lens displays. In *IS&T International Symposium on Electronic Imaging 2017 Stereoscopic Displays and Applications XXVIII*. Riga, 15-18 May 2017, Vol. 29, issue 5, pp. 194-199. Electronic Imaging, Society for Imaging Science and Technology.

d'Agostino P., Antuono G., Vindrola P.G. (2022). Augmented Visual Models of Scientific Zoological Collections. A User Experience at the MUSA University Museum. In *Diségno*, 11/22., pp. 211-222, <https://disegno.unioneitalianadisegno.it/index.php/disegno/article/view/417> (accessed 22 April 2023).

Gilardoni A., Ascani Orsini R., Taccani S. (1977). X-Rays. In *Art. Phisycs, Technique, Applications*. Como: Gilardoni Spa.

Laurie B. (2022). Did That Graphic Just Change? Smithsonian EXHIBITS, <exhibits.si.edu/. exhibits.si.edu/did-that-graphic-just-change/> (accessed 22 April 2023).

Lecci N., Vezzi A. (2022). Raccontare i reperti archeologici: un video olografico per la stele di "Auvele Feluske". In E. Bistagnino, C. Battistini (Eds.). *DIALOGUES. Visions and visuality: Witnessing Communicating Experimenting. 43th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Congress of Unione Italiana per il Disegno*. Genoa, 15/16/17 September 2022, pp.1628-1643. Milan: FrancoAngeli

Martinez V. (2013). I Raggi X e l'Arte: un matrimonio pieno di sorprese. Storia della Medicina <ammiragliovincenzomartines.it/i_raggi_x_e_l_arte_storia_della_medicina.html> (accessed 22 April 2023).

Massaccesi E. (2021). By Your Side. Yves Scherer da Cassina Projects, Milano. Juliet. Contemporary Art Megazine, since 1980. <juliet-artmagazine.com/by-your-side-yves-scherer-da-cassina-projects-milano/> (accessed 22 April 2023).

Provenzano N. (2020). *Uno spazio accanto al tempo: la Galleria Alessandra Bonomo ospita le opere di Fosco Valentini. La città immaginaria* <lacittaimmaginaria.com/fosco-valentini-un-altro-spaziotempo/> (consulted on 11 January 2023).

Rogers S.A. (2011). Lenticular Street Art: Trick Graffiti Works only at Angles. In *Weburbanist. Architecture, Art, Design & Built Environments*, <weburbanist.com/2011/12/12/lenticular-street-art-trick-graffiti-works-only-at-angles/> (accessed 22 April 2023).

Spiezia M.C. (2021). Modigliani e la figura celata. <https://www.archeomatica.it/documentazione/modigliani-la-figura-nascosta> (accessed 7 August 2023).

Sonato A. (2021). Scienza e Arte: la natura a raggi X di Arie Van't Riet, <https://ilbolive.unipd.it/it/news/scienza-arte-natura-raggi-x-arie-vant-riet> (accessed 22 April 2023).

Testa F. (2022). Un Van Gogh dietro un altro: incredibile scoperta in Scozia. In *Life and people magazine*, <https://www.lifeandpeople.it/2022/07/15/nuovo-autoritratto-vincent-van-gogh-scozia-nation-gallery-edimburgo/> (accessed 7 August 2023).

Zeng J., Deng H., Zhu Y., Wessely M., Kilian A., Mueller S. (2022). Demonstration of Lenticular Objects: 3D Printed Objects with Lenticular Lens Surfaces That Can Change their Appearance Depending on the Viewpoint. In M. Agrawala, J.O. Wobbrock (Eds). *UIST '22 Adjunct: 35th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. Conference proceedings*. Bend, OR, USA, 29 October - 2 November 2022. Article No. 59, pp. 1-3. New York: Association for Computing Machinery.

Author
Emanuela Lanzara, Università degli Studi Suor Orsola Benincasa - Napoli, emanuela.lanzara@unisob.na.it

To cite this chapter: Lanzara Emanuela (2023). Oltre il visibile: dispositivi lenticolari per i beni culturali tra fotografia e diagnostica/Beyond the Visible: Lenticular Tools for Cultural Heritage between Photography and Diagnostics. In Cannella M., Garozzo A., Morena S. (Eds.). *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2873-2893.

Isbn 9788835155119